ИЗВЕСТИЯ
СИБИРСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
Том 51 1929

"СУХОЙ ЛЕД" В ДЕЛЕ ЭКСПОРТА СИБИРСКОГО МАСЛА
("о замене обычного льда при перевозках экспортного сибирского масла твердой углекислотой-т. н. "сухим льдом" и о связанных с этим преимуществах и выгодах для сибирского маслоделия").

Проф. С. В. Лебедев

Перспективы сельского хозяйства Сибири теснейшим образом связаны с ростом товарности его продукции и с развитием для нее экспортных возможностей. При этом одной из существенных сторон этого вопроса является создание благоприятных условий для вывоза из Сибири скоропортящихся продуктов животноводства вообще и в частности сибирского масла. Удельный вес Сибкрая в заготовках масла по Союзу по данным 1926–1927 г. отвечал 51,8%. По отношению к количеству перевозок масла по Сибкраю в 1913 году, указанный 1926–1927 г. дал немного более 60%. По данным таможенной статистики по всем границам СССР в указанном году было вывезено масла (нетто) 26,66 тысяч тонн. Из этого количества экспорт Сибири составлял 21,44 тысячи тонн, то-есть 80,4% от общего экспорта фактически вывезенного за границу масла. Удельный вес ценностного значения сибирского масла в ряду всех продуктов сельского хозяйства, рыболовства, и охоты по заготовкам 1926–27 г. говорит о том, что сибирскому маслу по данным СКТО принадлежало в названном году второе место по Сибири, составляя 29,4% от общего итога ценностного выражения Сибирского экспорта, тогда как первое место в этом отношении занимал хлебофураж, отвечая 42,1%.

Очевидно, что фактическая ценность сибирского масла на мировом рынке определяется помимо его качества, отвечающего моменту изготовления на маслозаводах, еще и условиями экспорта, в которых сибирское масло проходит свой длинный путь в 3–3.500 верст от сибирских заводов до рынков мирового сбыта, преимущественно в Лондоне. При отдаленности от последнего районов сибирского маслоделия сибирское масло проходит три длительных этапа, различных по своим условиям, продолжительности и по последствиям для качества экспортируемого масла. Первый этап – доставка масла с заводов на станцию железной дороги в отдельных случаях на пристань, второй – перевозка масла по железной дороге и третий – морской путь от русского порта до Лондона. Масляный сезон отправок из Сибири падает преимущественно на летние месяцы. Это обстоятельство, при значительной удаленности громадного большинства сибирских маслозаводов от жел. дор. станций имеет существенное значение. Благодаря примитивности перевозочных средств гужевого транспорта, представленных в Сибири только обычной крестьянской телегой, доставка масла к линии железной дороги в сибирских условиях очень плохо отражается на качестве отправляемого масла.

Температуры летних месяцев в Сибири весьма велики, это можно видеть ниже из месячных средних и максимальных температур для Новосибирска, представленных данными таблицы 1 для 1914 г.

Таблица 1.

Месяц / в °C температуры	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Средняя месячная	2,0	11,0	16,7	16,1	18,1	11,4	2,0
Максимальная .	15,2	26,2	29,1	24,0	28,2	24,4	16,8

Для того, чтобы по возможности ослабить нагрев масла во время гужевого транспорта обычно в Сибири вывозка масла с заводов приурачивается к прохладному, ночному времени. Помимо этого, бочки с маслом укрывают соломой, сеном, брезентом. Однако, все это очень мало помогает, не предохраняя масло от нагревания, о чем можно судить по высокой температуре подвозимого масла. По окончании гужевого транспорта масло обычно еще задерживается на железно-дорожных станциях, залеживаясь здесь в ожидании отправки на заготовительные пункты. Длительность таких задержек бывает порою весьма значительна и определяется временем подачи вагонов-ледников. В связи с этим судьба подвезенного к жел. дороге масла может быть троякой: или масло хранится в помещениях с охлаждением, или масло помещается в

простых пакгаузах, температура которых очень мало отличается от наружной или наконец, масло лежит просто под навесом на открытом воздухе, прикрываемое брезентом.

Подвигаясь дальше по своему пути, сибирское масло попадает на склад заготовителя, при чем продолжительность хранения здесь после приемки колеблется от 1 часа до 29 дней, судя по данным 1928 года.

По данным Сибирского бракеража по маслу с 1 мая по 1 октября 1928 г. температура подвезенного масла колебалась так:

От + 6°С и ниже для 2% масла от всего его количества.
" + 6,1 до 15,0° для 72,0% " " " " "
" +15,1 " 20,0° " 24,7% " " " " "
" +20,1 и выше " 1,3% " " " " "
Всего . . 100,0%

Средняя температура масла при его отгрузке +7,3°С. Колебания температурного максимума по отдельным сибирским районам в градусах Цельсия таковы: Чановский – +24°, Славгородский +17°, Канский +17°, Убинский +18°, Рубцовский +15° и Барнаульский +15°.

В отношении соответствующих минимумов имеются следующие данные: Омский район +6°, Татарский +6°, Каргатский +5°, Шипуновский +5°, Алейский +5°. Очевидно, что подобные температурные условия гужевого транспорта и хранения сибирского масла до отправки его по жел. дороге очень благоприятствуют возникновению в экспортируемом масле разнообразных химико-биологических процессов. Процессы эти, развиваясь и прогрессируя во время последующего длительного железнодорожного транспорта, неизбежно ведут к дальнейшему ухудшению качества сибирского экспортного масла, значительно снижая его стоимость к моменту появления его на Лондонском рынке.

Степень ухудшения сибирского масла находится в прямой зависимости от температурных условий, в которых оно проходит железнодорожный, наиболее длительный этап своего пути. Чем ниже температура масла в пути, тем менее ухудшение его качества во время транспорта, так как соответствующие понижение температуры способствует предупреждению или по крайней мере ослаблению различных химических и биологических процессов, идущих или могущих начать развиваться в перевозимом масле.

Результаты перевозки сибирского масла по жел. дороге говорят за то, что обычно принятая у нас степень охлаждения масла в железнодорожных вагонах сказывается недостаточно гарантирующей масло от порчи. Существующие у нас системы вагонов-холодильников можно разбить на два основных типа:

а) Вагоны-ледники, поддерживающие температуру ниже 0°, с рассольными охладительными приборами и

б) Вагоны-ледники выше 0° только с одним ледяным охлаждением.

Этим определяется подразделение на два основных типа нормальных изотермических вагонов.

Учитывая, что перевозка масла из Сибири является сезонной, укладывающейся приблизительно в 4 наиболее теплых, частью жарких месяцах, приходится притти к выводу, что вагоны-ледники, охлаждаемые одним только льдом оказываются слишком слабыми для возможности устранения в необходимой мере отрицательного влияния внешней теплоты на перевозимое масло. Значительно лучше справляются со своей задачей вагоны-ледники с солевыми растворами, но их сравнительно мало.

Таблица 2.

Месяцы / Температура в °С масла:	Май			Июнь			Июль		
	6—15°	15—20°	Выше	6—15°	15—20°	Выше	6—15°	15—20°	Выше
% от общего количества масла:									
В 1928 году. . . .	97,1	2,9	—	95,5	3,0	1,5	60,2	37,3	2,5
В 1927 году. . . .	91,3	8,7	—	79,7	19,4	0,9	59,6	36,3	4,1

Месяцы / Температура в °С масла:	Август			Сентябрь			Всего		
	6—15°	15—20°	Выше	6—15°	15—20°	Выше	6—15°	15—20°	Выше
В 1928 году. . . .	72,5	26,8	0,7	89,9	9,6	0,5	74,0	24,7	1,3
В 1927 году. . . .	63,8	35,7	0,9	89,5	10,5	—	76,0	22,2	1,2

Значение температурных условий для сибирского маслотранспорта во время его железно-дорожной перевозки усугубляется еще тем, что температура масла, поступающего в пункты приемки его, обычно бывает чрезвычайно высока. По данным Правительственной Торговой Инспекции за 1927 и 1928 года температура эта помесячно колебалась в пределах, представленных данными в °С и % в приводимой ниже таблицей 2.

В связи с тем, что охлаждение масла, поступающего в жел.-дор. вагон, очень часто оказывается далеко недостаточным – не доходящим до 0°, в задачи холодильного вагона входит не только поддерживать уже установившуюся в перевозимом масле температуру, но еще и охлаждать его во время жел.-дор. пути. Очевидно, что с этой задачей даже совершенные вагоны-ледники с солевым охлаждением обычным льдом в большинстве случаев справиться оказываются бессильными, не обладая соответствующей способностью давать как необходимую глубину охлаждения, так и выделять в короткий промежуток времени требуемое количество холода. Без соблюдения же этих условий вагон-холодильник не в состоянии дать нужного эффекта охлаждения экспортируемого масла для предохранения его от возможностей заметного ухудшения в пути. Помимо всего этого надо отметить, что изотермических вагонов оказывается недостаточно для удовлетворения потребностей перевозок сибирского масла. Общий наличный парк Республики изотермического подвижного состава всевозможных типов и назначений, судя по данным 1923 года состоял из 6047 подвижных единиц, при очень значительном количестве больных вагонов как в техническом, так и термическом отношениях, составлявших на 1 января 1924 г. 27,8% от всего их количества. Останавливаясь на вопросе о потребном числе вагонов-ледников для перевозки сибирского масла, примем следующие ориентировочные цифры: 3.000.000 пудов масла в год, средняя нагрузка одного вагона – 620 пуд., средний пробег вагона с маслом 3.000 верст и обратно столько же, то есть всего 6.000 верст в оба конца, при суточном пробеге 200 верст. Если при этом еще учесть необходимое время: на прием и сдачу вагонов между дорогами (около 4-х передач), выгрузку и отправку порожних вагонов и нагрузку, а также ремонт, то это определит весь оборот вагона-ледника при экспорте масла из Сибири в 40 суток. Если принять, кроме того, что около 20% от потребного числа вагонов-ледников для сибирского масла необходимо еще для перевозки по Сибири всех прочих скоропортящихся грузов, то общее число всех грузов, перевозимых в изотермических вагонах, для Сибири составит:

$$3.000.000 \times 1{,}2 = 3.600.000 \text{ пудов},$$

деля это на 620 получим 5.806 вагонов-ледников.

Приняв средне-суточную нагрузку из расчета четырех месяцев в кампании, получим нагрузку в день:

$$5.806 : (4 \times 30) = 48{,}4 \text{ вагонов в сутки.}$$

Отсюда определится потребность сибирских дорог в изотермическом парке, мощностью в

$$48{,}4 \times 40 = 1856 \text{ вагонов-ледников.}$$

Общий же инвентарь дорог Сибири, считая Забайкальскую, Омскую и Томскую отвечает около 1300 вагонов-ледников.

Из всего приведенного выше вытекает, что для экспорта сибирского масла по данным 1923 г. при расчете на 3.000.000 пудов масла в год:

а) существующий парк изотермических вагонов сибирских жел. дорог был бы недостаточен – не хватает около 500 вагонов;

б) что имеющиеся на Сибирских жел. дор. типы изотермических вагонов недостаточно совершенны для того, чтобы обеспечить экспортируемое сибирское масло от ухудшения его качества в пути.

По более поздним данным, полученным в Управлении Томской железной дороги от 1/X–1928 г., изотермический парк сети железных дорог СССР состоял из 6695 вагонов, в том числе по Томской, Омской и Забайкальской – 1.300 вагонов. Количество больных вагонов в настоящее время не превышает установленной НКПС нормы в 8%.

Сибирским районным Комитетом средний оборот изотермических вагонов на 1928/29 г. до Нового Порта определяется в 26 суток и до прочих пунктов в 29 суток. Максимальная потребность Сибири в изотермических вагонах Сибирским районным Комитетом на указанный год исчислена в 1073 вагонов. Таким образом при существующей потребности, судя по приведенным данным, имеется даже некоторый избыток около 200 изотермических вагонов.

Однако даже при наличности якобы таковогo временного избытка растущая из года в год производительность сибирского маслоделия говорит, что существующий парк в ближайшие же годы окажется недостаточен по своей численности, кроме того он и неудовлетворителен по своей охлаждающей мощности. Это говорит о том, что вопрос усиления как качественно, так и количественно маслотранспорта Сибири является одной из существенных и очередных задач сибирского маслоделия.

При сопоставлении на Лондонском рынке цен датского, австрийского и сибирского масла можно видеть, что сибирское масло, вполне доброкачественное перед отправкой, приходит в Лондон уже значи-

тельно ухудшившимся. Это можно видеть из сопоставления качества сибирского масла по данным Лондона на месте получения и по данным Сибирского Правительственного бракеража по месту отправления то есть в Сибири:

По данным бракеража в Сибири:

Таблица 3.

Года	Средняя сортность			Средняя бальность
	I	II	III	
1927	27,7%	66,7%	5,6%	85,2%
1928	36,9%	61,4%	1,7%	86,3%

По данным Лондона:

Таблица 4.

Года	Средняя сортность			Средняя бальность
	I	II	III	
1927	3,9%	95,1%	1,0%	82,2%
1928	10,9%	83,4%	5.7%	83,9%

Процент масла, пораженного плесенью, по данным Лондона, так же достаточно велик – в 1926 г. он отвечал 5,8% и 1927 году – 4,4%.

При таких условиях сибирское масло, несмотря на общепризнанные некоторые его достоинства, как-то: малое содержание воды, хорошая консистенция, натуральность, при полной доброкачественности перед отправкой из Сибири, попадая на Лондонский рынок расценивается там очень низко.

Соотношение цен на сибирское и датское масло, выраженное в рублях за 1 пуд и в процентах стоимости датского масла, определяется по годам так:

	В 1926 г.	В 1927 г.
Датское масло...........	28 р. 49 к.	26 р. 88 к.
Сибирское	22 р. 75 к.	22 р. 50 к.
Разница стоимости:		
В рублях	5 р. 74 к.	4 р. 38 к.
В %%	79,8%	84.0%

За указанные годы было вывезено из Сибири масло на экспорт в 1926 г. – 1.570.000 пуд. и в 1927 г. – 1.770.000 пуд.

Без всякого риска какого-либо преувеличения можно принять, что сибирское масло на каждом пуде своего экспорта теряет по крайней мере по два рубля, благодаря недостаточной глубине охлаждения масла во время чрезмерно длительного железнодорожного транспорта из Сибири. При указанном соотношении цен и размере вывоза из Сибири потери Сибирского маслоделия на недоохлаждении масла при перевозке его по жел. дороге составляет в 1926 г. – 3.140.000 руб. и в 1927 г. в 3.550.000 руб.

При неуклонном росте сибирского маслоделия потери эти с течением времени будут неизменно возрастать. Это говорит о том, что задачи усиления охлаждения сибирского масла на пути его следования от места получения к месту сбыта заграницу является вопросом, заслуживающим самого серьезного внимания.

При этом, чем проще в конструктивном отношении требуется для этого приспособления, тем доступнее оно к продвижению в жизнь. Вопрос этот имеет интерес не только для сибирского масла, но вообще для экспорта скоропортящихся грузов. В связи с этим разновременно был выдвинут целый ряд разнообразных предложений заменить обычный вагон-ледник системами более совершенными. Громадное большинство этих предложений сводится к развитию и усовершенствованию устройств и конструкций вагонов с ледосоляным охлаждением. Особняком в этом отношении стоит опытный холодильный поезд Лин-

де, представляющий собой поезд, снабженный передвижной холодильной установкой. Однако, дальше опытных поездок на наших дорогах дело не подвинулось. Причиной этого обычно считают:

1) Значительное удорожание такого рода перевозок масла сравнительно со стоимостью их в обычных вагонах – ледниках.
2) Сложность устройства, высокая его стоимость и кратковременность работы в году такого оборудования.
3) Необходимость квалифицированного и тщательного ухода, что в условиях обычного транспорта, особенно в наших русских условиях, осуществлять чрезвычайно трудно.

Вопрос о допустимости того или иного устройства по своей стоимости зависит от рентабельности последнего; в виду этого т. н. дороговизна в обычном смысле здесь решающего значения, конечно, не имеет. Надо думать, что последнее остается за условиями второго и, главным образом, третьего из приведенных выше пунктов. В связи с этим необходимо уделить сугубое внимание идее применения к целям охлаждения во время экспорта скоропортящихся продуктов углекислого льда, т. н. "сухого льда", не требующего для своего использования почти никаких специальных конструктивных приспособлений, машинных установок и тому подобное.

Промышленный процесс получения твердой углекислоты – "сухого льда" в принципе достаточно прост; он слагается из следующих операций: 1) приготовления чистого углекислого газа; 2) сжатия его в жидкость; 3) быстрого испарения полученной жидкости углекислоты; 4) прессования углекислого снега в бруски определенной формы и величины.

Логическое основание этой идеи определяется, главным образом, следующими свойствами твердой углекислоты:

1) очень низкой температурой ея испарения, отвечающей минус 78,9°С, чем обеспечивается возможность чрезвычайно глубокого охлаждения сравнительно с обычным льдом с температурой таяния только в 0,0°;
2) способностью переходить при таянии из твердого состояния непосредственно в газ без жидкой фазы и без неизбежного при обычном льде появления воды, вызывающей мокроту, сырость и избыточную влажность в льдохранилище.

Помимо этого твердая углекислота имеет еще и другие преимущества перед обычным льдом, так как на единицу веса она дает вдвое больше холода, чем обычный лед, кроме того, твердая углекислота в два раза тяжелее последнего, благодаря этому охлаждающее действие одной единицы об'ема твердой углекислоты в четыре раза больше того же об'ема простого льда. Таким образом, так называемой "сухой лед" представляет собою как бы концентрированный источник глубокого охлаждения, происходящего при том в условиях почти полного отсутствия влажности в окружающем пространстве. Оба эти признака должны привлечь к сухому льду серьезное внимание, как к средству, могущему найти широкое применение при транспорте и хранении вообще скоропортящихся продуктов. В отношении же экспорта масла в сибирских условиях, на расстоянии 3–4000 верст, когда появляется в отдельных случаях острая потребность то в особенно энергичном, то в длительном, то в углубленном охлаждении, сухой лед мог бы оказаться при известных условиях исключительно ценным источником холода.

Однако разрешение этой задачи требует освещения возможностей практического применения сухого льда в нескольких направлениях: 1) со стороны отношения самого масла к действию глубокого и продолжительного охлаждения; 2) в отношении промышленно-экономических возможностей получения и применения сухого льда к масло-транспорту в условиях Сибири; 3) с точки зрения технических возможностей использования сухого льда в плоскости чисто транспортного порядка вообще и прежде всего в условиях железнодорожного транспорта и, наконец, 4) с точки зрения выяснения самой техники получения сухого льда и чистой свободной от всяких примесей сухой газообразный углекислоты.

Освещение указанных выше положений было проведено автором данной работы совместно с привлеченными специалистами соответствующих областей. Таковыми лицами явились: по физико-химии и биологии масла агроном-химик С.А. Понегин и по теоретическому обоснованию вопроса о производстве сухого льда, его стоимости и стоимости охлаждения при перевозках – инженер Г. И. Фукс, при чем по вопросам транспорта автор прибегал к помощи инженера М. Н. Бордгаузен, любезно согласившегося содействовать разрешению отдельных сторон рассматриваемого вопроса своим авторитетным мнением.

Значение глубины охлаждения как перевозимого масла, так и окружающего его пространства естественно обусловливается тем, что при самом высоком качестве экспортируемого масла оно фактически не может быть безусловно стерильным, то-есть не может быть совершенно свободным от различных представителей микрофлоры масла как в состоянии вегетативных, так и зародышевых их форм. При таких условиях почти единственным средством борьбы с вредной для масла микрофлорой, внутри боченка представляется возможно глубокое понижение температуры масла.

Практически все сложные и многообразные явления развития в масле и на его таре микроорганизмов определяется понятием плесневения. Последнее практикой маслоделия обычно константируется простым осмотром невооруженных глазом исследуемого масла и его тары. При этом за "плесени" масла в тор-

говле и в бракераже принимается, конечно, не академически обособленные представители их, а совокупность всей развившейся микрофлоры, являющейся окрашенной в своей массе и потому отчетливо замечаемой на масле и на его таре. В отдельные годы в сибирском маслоделии случились стихийные вспышки плесневения масла, принесшие немалые убытки сибирскому народному хозяйству.

Развивающейся при экспорте масла плесенью чаще всего покрывается рогожная обкладка боченка с маслом, внешние и внутренние поверхности клепки, её щели, далее плесень появляется на пергаментной рубашке масла, иногда она гнездится в слое масла под днищем боченка и, наконец, плесень распространяется на поверхность и на самую толщу укупоренного масла, пронизывая его как бы жилами и придавая ему мраморный вид.

Если для борьбы с развитием плесени в масле внутри бочек остается только соответствующее понижение температуры масла, то для борьбы с ними на поверхности тары перевозимого масла еще одним средством является также поддержание возможной сухости воздуха маслохранилища. Однако это требование трудно осуществить в условиях обычного ледяного или солеледяного охлаждения, связанных с избыточной влажностью, сыростью и даже мокротой помещения. Но все эти затруднения легко устраняются при замене обычного сухим льдом, вполне обеспечивающим максимальную сухость маслохранилища, что вместе с низкой температурой совершенно устранит возможность появления плесени на масляной таре и что естественно может способствовать некоторому повышению расценок сибирского масла на заграничных рынках сбыта.

Что касается необходимой степени охлаждения масла для защиты его от плесневения, то в этом отношении необходимо отметить утверждение выдающегося товароведа и английского специалиста по маслу профессора Томсона, принимающего, что некоторые представители плесеней масла нуждаются для предупреждения их развития в температурах около минус 10°С. Обычные же формы плесеней сибирского экспортного масла по данным Ленинградской лаборатории Водного транспорта (прив. доцент Мордберг) и других-исследователей их (проф. С. В. Паращук) приостанавливают свой рост при температуре несколько большей вышеуказанной.

Сравнивая эти положения о необходимой степени охлаждения для предупреждения порчи масла с действительными температурными условиями охлаждения сибирского масла в жел.-дор. вагонах, можно видеть, что задача рационализации транспорта экспортного масла должна прежде всего пойти по пути значительного снижения температур масла при его перевозках, как бы переохлаждая его сравнительно с принятыми и допустимыми до настоящего времени температурными нормами на жел. дорогах, широкую возможность чего легко открывает применение сухого льда.

Небезынтересно отметить, что Ленинградский бракераж на своем превосходном холодильнике уже в 1926 г. имел случаи значительного переохлаждения масла, не наблюдая при этом каких-либо отрицательных влияний на качестве масла такого переохлаждения. Однако здесь следует указать, что побудительной причиной, заставившей там прибегнуть к сильному переохлаждению масла, являлась недостаточность рефрижираторной установки одного из пароходов, т. е. нечто иное, чем выдвигаемая здесь идея преднамеренного переохлаждения масла в пути.

Единичность и отсутствие учета результатов указанных случаев переохлаждения масла не дают достаточных оснований для суждения о том, к каким последствиям для масла может привести процесс длительного и глубокого его охлаждения.

Но что же представляет собою коровье масло?

Схематично можно представить себе экспортное сибирское масло как теснейшим образом перемешанную тонкую смесь молочного жира и солевого раствора.

Рассол масла составлен из воды, как таковой, из молочных продуктов и из некоторого количества поваренной соли от посолки масла. Значительно менее здесь представлены другие составные части коровьего молока и остаточные белковые вещества, известные под именем "пахты". Соль с одной стороны, является единственно допустимым в масле консервирующим веществом, а с другой стороны – посолкой сибирского масла удовлетворяются вкусы и требования заграничного покупателя. Наивысшая предельная норма для содержания соли в экспортном масле законом регламентирована в 2% и таковым же законодательством допускается в экспортном масле содержание воды не более 16%. Процентное взаимоотношение содержащихся в масле соли и воды обозначает так называемую концентрацию (или крепость) солевого рассола масла; вода и соль, пребывая совместно взаиморастворяются и образуют солевой раствор масла. Применительно к сибирскому экспортному маслу замечается, по данным прежних лет, приближение концентрации солевого рассола к 14,25% – почти стойкое для всех многоразличных маслорайонов Сибири. Этот факт отмечавшийся на протяжении целого ряда лет и прослеженный аналитическим материалом правительственных сибирских маслоконтрольных лабораторий, как бы знаменует собою нормально традиционную концентрацию рассола для масел Сибири. В вопросах масловедения и реформах сибирского маслоделия каждый шаг должен быть осторожным и опытно изученным. Допущенные маслосезонами 1925 и 1926 годов понижения в крепости солевого рассола как раз совпали со стихийным поражением си-

бирского масла плесенями. По данным Ленинградского бракеража вторая половина 1925 года характеризуется только 12,8% концентрации солевого рассола, а плесневелый сезон 1926 года по тем же отчетным сведениям разыгрался при 11% (в среднем за операционный год) крепости рассола тогда, как влажность экспортного масла в оба эти сезона была достаточно близка к даваемой норме. Эти случаи делают очевидным, что крайняя неустойчивость сибирского масла в реальных условиях определяется недостаточностью охлаждения масла в вагонах. Поэтому, весьма заманчивая переспектива повышенного увлажнения сибирского масла додачей 2–3 недостающих до нормы процентов воды и доныне остается неосуществимой, главным образом вследствие недостаточно глубокого охлаждения масла в наших вагонах. При таких условиях применение для вагонного охлаждения сухого льда позволило бы ввести в экспортное масло 2–3% лишней воды и реализовать ее по ценам масла, так как в этом случае мы имели бы дело с переохлаждением и потому забронированным от плесени маслотоваром.

Попутно следует еще остановиться на вопросе "усушки масла" в вагонах. Этот термин ведет свое начало едва ли не с самой зари сибирского маслоделия. Однако, по существу своему, "усушка масла" в вагонах не существует, как это подтверждено еще 15-м маслос'ездом в г. Омске в 1913 г., который категорически признал проблематичность "усушки масла" и в этом отношении применение сухого льда не вносит ничего нового.

Наконец, в освещении применимости идеи "сухого льда" охлаждения маслянных вагонов надо еще коснуться вопроса о возможных влияниях углекислого газа как на само масло, так и на живую микрофлору его за двухнедельный период пребывания масла в пути. Известно, что углекислый газ не имеет никакого запаха и, следовательно, в этом отношении данный газ, как конечный продукт "сухого льда" для масла безопасен. Сверх того, углекислый газ по своей химической природе очень мало активен и не может вступать в какие либо химические соединения с такими веществами как масло, так и масляная тара. Вследствие этого "сухой лед" безусловно будет безвреден для всего маслотовара в целом.

Что касается живой микрофлоры масла, то таковая представлена в масле обеими микробиологическими группами: недостаточно учитываемыми анаэробами и широко наблюдаемыми аэробами.

Давая сухой холодный углекислый газ, являющийся задерживающим и вредным началом для аэробов, сухой лед благодаря этому должен способствовать подавлению развития представителей этой группы микроорганизмов, тогда как сухость газового пространства окружающаго маслотовар и низкая его температура благодаря испарению сухого льда исключает в этом случае возможность развития анаэробов. Непосредственно не соприкасаясь с массой масла углекислота, естественно, может влиять только на микрофлору тары перевозимого масла, при чем как видно из приведенных соображений благополучное состояние этой тары должно вполне обеспечиваться суммарным действием низкой температуры и углекислого газа от сухого льда. Очевидно, что обычная сырость, иногда потеки воды и тому подобные явления, имеющие место в вагонах-ледниках, при сухом льде совершенно исключаются, что может в некоторой мере способствовать устранению случайностей, снижающих на заграничном рынке стоимость сибирского масла.

Как общий итог во всех указанных отношениях к маслу, к маслотаре и к живой микрофлоре масла "сухой лед" должен быть признан безвредным и желательным источником холода для масляных железнодорожных вагонов.

Развивая и обсуждая далее конкректные возможности применения "сухого льда" для отдельных видов сибирского маслотранспорта прежде всего следует указать на применимость этого холодоагента в проселочно-сухопутной гужовке масла. И поныне маслогужевка является "каторгой" для сибирского масла и здесь то буквально закладываются в него "корни зла и пороков". Неоднократно и ранее предполагались попытки проектирования "масляных телег" и термических маслофургонов вообще. Можно прямо сказать, что принцип термической изоляции не сходил с чертежного изображения таких проектов в суровых условиях жизни и стихии. Принцип иного рода – идея "сухого льда" в образе его небольшого количества легко разрешает проектирование и осуществление любого маслофургона и совместно с автотранспортом реально подводит к рациональной и надежной маслогужевке в условиях сибирского маслоделия.

Применение "сухого льда" на водных путях даст возможность транспортировки масла в более или менее простых баржах или шаландах с буксированием таковых обычными горячими пароходами, взамен дорого стоющих рефрижираторных. Дело в том, что в случае применения "сухого льда" на таких маслобаржах заботы по охлаждению перевозимого масла, ограничатся лишь вентилированием барж наружным воздухом для устранения местного переохлаждения, если конструктивными приспособлениями не будет достигнуто температурное саморегулирование. Питание электровентиляторов легко осуществить, перекинув от динамо-машины парохода шнур электропровода на масляную баржу.

Практическое проведение в жизнь маслотранспорта идеи применения сухого льда должно считаться не только со свойствами и природой масла, но оно должно также учесть и характерные условия, в которых это масло будет находится в продолжении своего следования в железнодорожных вагонах.

В этом случае, напр., в отличие от режима масла в холодильниках, где боченки могут от времени до времени перевертываться, при транспорте приходится отметить неприкосновенность боченков масла во вре-

мя всего пути, что может повести к устаиванию масла, когда верхние и боковые слои его в бочках с течением времени относительно обогащаются влагой по сравнению с нижними слоями его. Таким образом, кроме вопросов, требующих освещения в условиях статического действия сухого льда выдвигаются еще соответствующие вопросы о действии углубленного холода на масло в динамических условиях транспорта.

Все вышеизложенное по вопросам физическим, химическим и микробиологическим, связанное с маслом и его транспортом говорит о том, что применение сухого льда для целей охлаждения при маслотранспорте в идее своей совершенно правильно. Однако практическое осуществление этой идеи перед введением ее в жизнь потребует специальной проработки ряда вопросов о влиянии углубленного холода на масло в условиях статических, а также в обстановке, так сказать, динамической, то есть в условиях практического осуществления железнодорожного транспорта.

Возможность при помощи твердой углекислоты производить глубокое охлаждение наукой была уже давно установлена. Но идея применить это явление к практическим и промышленным задачам явилась очень недавно. Некоторые сведения в этом направлении дает инженер В. Н. Рулев*) в своих статьях об опытах применения "сухого льда" в рыбной промышленности С.Ш.С. Америки, где был произведен ряд отдельных опытов по перевозке свежей рыбы. Результаты были вполне удачны при пробегах до 4–6 дней и при средних температурах внешнего воздуха 26,7°С. Таким образом, в отношении рыбных перевозок эти опыты говорят о применимости сухого льда, однако этот вопрос лежит главным образом в плоскости не только технической, но и в разрезе экономики, то есть выгодности применения сухого льда для транспорта того или другого продукта. В данном случае рассматривается вопрос о возможности с этой стороны применить к маслотранспорту сухой лед, то-есть дело сводится прежде всего к проблеме стоимости сухого льда.

В виду новизны и необычности производства сухого льда в промышленном масштабе и крайней ограниченности в литературе такого рода указаний в этом отношении можно наметить лишь ориентировочные цифры, сравнив их с теми единичными данными, которые удалось найти в цене сухого льда в С-А.С. Штатах.

Энтропийная диаграмма CO_2

Чер. 1.

Техника получения твердой углекислоты или "сухого льда" очень несложна. Имея жидкую углекислоту в баллоне при давлении 50–70 атмосфер при температуре 10–25° С пропускают ее через узкое дроссельное отверстие, чтобы давление углекислоты упало до атмосферного, при этом часть углекислоты испарится, а часть ее перейдет в твердое состояние. Одним из существенных вопросов при подсчете стоимости сухого льда является выход сухого льда при этом процессе. При обычных лабораторных опытах удается получить в этих условиях только 10–15% в виде твердой углекислоты. В промышленных же установках подобного рода получается якобы около 30%. Так как величина выхода твердой углекислоты в рассматриваемом вопросе представляется одним из основных моментов установления ее стоимости, то поэтому в дальнейшем приводим соответствующие расчеты, проработанные инженером Г. И. Фукс, исходящим из соответствующих теоретических данных, опирающихся на работы известного специалиста Планка: "О термических свойствах углекислоты в газообразном жидком и твердом состоянии" и других трудах этого крупного в данной области авторитета.

*) Скоропорт. продукты и холодильное дело. Рулев. 1928 г., 7 апрель и № 15 август.

Для конкретизирования интересующих нас подсчетов возможной практической установки последняя связывается с определенной производительностью в 500 пуд. (8.000 кг.) в сутки. В качестве источника углекислоты предполагается углекислота, получающаяся при процессе брожения в винокурении, обычно не утилизируемая.

В основу процесса получения твердой углекислоты положим процесс 3-х ступенчатого сжатия с трехступенчатым же испарением, причем в промежуточных испарителях (пром. охладитель) предполагаем теплообмен между сжатым паром и притекающей через дросс-вентиль жидкостью (см. схему установки чертеж № 2). Таким образом, мы имеем приближение к наивыгоднейшему регенеративному процессу установки.[1)]

Практические отклонения от него учтем соответствующими коэффициентами, как это принято в практике расчета холодильных установок.

Воспользовавшись энтропийной диаграммой для углекислоты, наносим теоретический процесс работы компрессора. За промежуточные давления приняты 6 атм. и 20 атм. абс, то-есть –50°С и –20°С (чертеж № 1).

Теоретический процесс[2)]

При дросселировании жидкости через первый регулирующий вентиль согласно диаграммы получается:

0,41 кг. пара и 0,59 кг. снега.

Пар получается при давлении 1 атм. абс и $t = -80$°С.

Для непрерывности процесса к нему необходимо добавить 0,59 кг. паров, температуру которых примем равной температуре 1-го пром. охладителя в –50°С.

Средняя температура всасываемого первой ступенью пара будет при этом:

$$t = \frac{0,41 \cdot (-80) + 0,59 \cdot (-50)}{1} \sim -60°\text{C}.$$

При сжатии пара до давления в 6 атм. в 1-й ступени необходима теоретическая затрата работы

$$\text{A Lag} = i_{21} - i_{11} = 182–157 = 25 \text{ Cal}.$$

Для полного превращения в жидкость сжатого в 1-й ступени пара от каждого кг. надо отнять

$$Q_{21} = i_{21} - i_{31} = 182–72=100 \text{ Cal}.$$

Так как в конце сжатия пар получается высокой температуры (+68°С), то часть тепла от него можно отнять охлаждающей водой. Предполагая охлаждение до 25°С (i=173), находим, что охлаждающей водой будет отнято:

$$q_2'=182–173 = 9 \text{ Cal/кг}.$$

Остаток:

$$Q_{21}- q_2'=110–9=101 \text{ Cal/кг}$$

необходимо отнять за счет испарения жидкости в 1-м промеж, охладителе. Так как в 1-й пром. охладитель поступает смесь жидкости и пара с теплосодержанием $i_{32}= i_{41}$ = 89 Cal, а отсасывается сухой насыщенный пар с теплосодержанием i = 155 Cal, то одним кг. можно отнять тепла:

$$Q_{12}=i_{12} - i_{42} = 155 - 89 = 66 \text{ Cal/кг}.$$

Необходимо еще учесть, что в первом пром. охлаждение надо остудить 0,59 кг. пара от – 20°С до – 50°С, для чего надо отнять:

$$q_1 = 0,59·0,2·30 \sim 3,5 \text{ Cal } (c_p\sim0,2).$$

Следовательно, всего в 1-м пром. охладителе надо отнять:

$$(Q_{21} - q'_2) + q_2 =101 + 3,5 = 104,5 \text{ Cal/кг}.$$

На один кг. углекислоты в 1-й ступени во второй должно приходиться

$$G_2 = \frac{(Q_{21} - q_2') + q_2}{Q_{12}} = \frac{104,5}{66} = 1,58 \text{ кг.}$$

Дальнейшие аналогичные подсчеты, также вычисленные величины для 1-й ступени сведены в таблицу № 1.

1) См. Г. И. Фукс. Регенеративный процесс холодильной машины. Известия СТИ, т. 48 (2). 1928 г.

2) Все характерные точки процесса имеют двойную нумерацию, при чем вторая цифра обозначает номер ступени. Значение первой цифры:

1 – начало сжатия; 3 – конец конденсации;

2 – конец сжатия; 4 – начало испарения.

Например: теплосодержание смеси в начале испарения в 3-й ступени (2-й пром. охладитель).

Таблица № 1

	I ступ.	II ступ.	III ступ.
Температура начала сжатия	– 60	– 50	– 20
Затрата работы на сжатие 1 кг. . . . . Cal	25	15	12
При охлаждении сжатого пара до 25°С отнимается охлаждающей водой на 1 кг. . . . . Cal	9	1	—
В промежуточном охладителе необходимо отнять тепла для полной конденсации 1 кг. . . . . Cal	101	80	—
Для охлаждения добавочного газа в 1-ю ступень, 0,59 кг. на каждый кг. рабочего вещества 1-й ступени (надо отнять тепла) . . . . Cal	3,5	3,4	—
Полное количество обменив. тепла в пром. охладителе на 1 кг. . . . . Cal	104,5	83,4	—
При испарении 1 кг. жидкости в пром. охладителе связывается тепла . . . . Cal	66	49	—

К этой таблице необходимо сделать следующие добавления:

Количество тепла, которое необходимо отнять во втором промежуточном охладителе для охлаждения добавочного газа вычисляется, предполагая охлаждение в нем от +25 до –20°С.

$$q^1 = C_p\, G\Delta t = 0{,}2 \cdot 0{,}59 \cdot [25 - (-20)] \sim 5{,}5 \text{ Cal/кг.}$$

Но так как на каждый кг. рабочего вещества 1-й ступени во второй работает 1,58 кг., то на который кг. рабочего вещества 2-й ступени это составит:

$$\frac{5{,}5}{1{,}58} \sim 3{,}4 \text{ кг., что и помещено в таблице.}$$

Количество рабочего вещества, которое должно проходить через вторую ступень на 1 кг. первой ступени вычислено выше 1,58. Соответственно, количество рабочего вещества 3-й ступени, приходящееся на 1, 2-й ступени:

$$G_3 = \frac{83{,}4}{49} = 1{,}72 \text{ кг.}$$